

## BIBLIOGRAPHIE.

1. DUMONT, ANDRÉ, Carte Géologique de l'Europe, septembre 1857. Liège, Nolet.
2. COMITÉ NATIONAL DE GÉOGRAPHIE. Atlas de Belgique (76, Berensheide, Watermael-Bruxelles), Planche 8 : Géologie, dressée à l'échelle du 1 : 500.000°, par P. DE BÉTHUNE.
3. — Planche 2 : Belgique et Contrées limitrophes. Géologie, dressée à l'échelle du 1 : 2.000.000°, par P. DE BÉTHUNE et J. BOUCKAERT.

**Au sujet des bois silicifiés du Permien supérieur du Muy  
(massif de l'Estérel, Var, France) (\*),**

par DENIS GERMAIN.

L'auteur tient à remercier chaleureusement M. et M<sup>me</sup> F. STOCKMANS qui lui ont ouvert leur laboratoire et dont la gentillesse et le dévouement lui ont permis de mener à bien le présent travail.

\*  
\*\*

Dès les premières courses de reconnaissance dans les séries éruptives et sédimentaires du massif de l'Estérel, les géologues notèrent la présence, dans certains niveaux, de bois silicifiés à structures internes conservées, et d'empreintes de plantes.

Les travaux relatifs à leur détermination sont peu nombreux :

POTTIER [6, 1877] <sup>(1)</sup> fit parvenir à GRAND'EURY des échantillons récoltés, semble-t-il, dans la région d'Agay. GRAND'EURY y reconnut : *Callipteris*, *Hymenopteris*, *Walchia piniiformis*. Un fragment de bois silicifié, mal conservé, fut rapporté au genre Calamite (*Arthropitys*).

P. BORDET, pour les besoins de sa thèse sur la géologie de l'Estérel [1, 1951], communiqua à E. BOUREAU un échantillon de bois silicifié provenant du village de Roquebrune-sur-Argens. E. BOUREAU y découvrit une moelle et un bois primaire, sans zones de croissance,

(\*) Texte remis en séance.

(1) Les numéros, placés avant les dates, renvoient à la bibliographie qui se trouve à la fin de ce travail.

remarquablement conservés et les classa dans le genre artificiel *Dadoxylon* ENDL. sans autres précisions [3, 1948].

Une étude palynologique menée par H. VISSCHER [12, 1968] dans les deux gisements fossilifères du massif permet de dater les flores du Muy et d'Agay du Thuringien (Permien supérieur), en s'appuyant également sur des empreintes de feuilles (*Ullmannia*).

Pour le présent travail, plusieurs récoltes furent faites au cours des années 1966-1968, principalement dans la région du Muy. En plus de diverses empreintes dont la détermination spécifique est en cours (citons déjà : *Ullmannia bronni*, *Pseudovoltzia*), de nombreux morceaux de bois silicifiés ont été rapportés. Certains d'entre eux se sont révélés appartenir à une nouvelle espèce : *Araucarioxylon argense* nov. sp.

#### I. — DESCRIPTION DES GISEMENTS.

Les bois silicifiés ne se rencontrent qu'en un seul niveau, bien répandu dans toute la partie sud du massif (voir fig. 1) : c'est le niveau fluviatile « g », selon l'échelle stratigraphique établie par P. BORDET [1, 1951]. Les échantillons peuvent y être récoltés un peu partout, mais jamais dans d'aussi bonnes conditions qu'au Muy, où une carrière de matériaux de construction (sortie E. de la ville, le long de la RN. 7) permet d'abondantes récoltes, et où les composantes lithologiques du niveau « g » sont représentées sous leur faciès-type (fig. 2).

Sur une quarantaine de mètres de puissance totale, on y trouve une alternance :

A. — De gros bancs de grès durs, à éléments quartzeux, de couleur rose virant au jaune par altération, et d'une épaisseur avoisinant le mètre.

B. — D'intercalations plus ou moins épaisses, lenticulaires :

a) D'arkoses jaunes, très micacées, à cassure esquilleuse, livrant de nombreuses traces charbonneuses de tiges et de feuilles (?*Pseudovoltzia*), parfois des moulages de troncs (?*Calamites*) spécifiquement indéterminables (1).

(1) A. CARPENTIER y a cependant reconnu : *Calamites* sp., cf. *C. leioderma*, *Cordaïtes* sp., *Ullmannia* cf. *lycopodioides* (var. : *U. cf. frumentaria*), *Annullaria* sp., *Lepidostrobus* sp., *Cardiocarpus* sp. cf. *C. orbicularis*, *Anthodiopsis*.

b) Au-dessous viennent fréquemment quelques décimètres d'arkoses pélitiques vertes, moins micacées que les précédentes, s'altérant en « miches » et renfermant quelques mauvaises traces char-

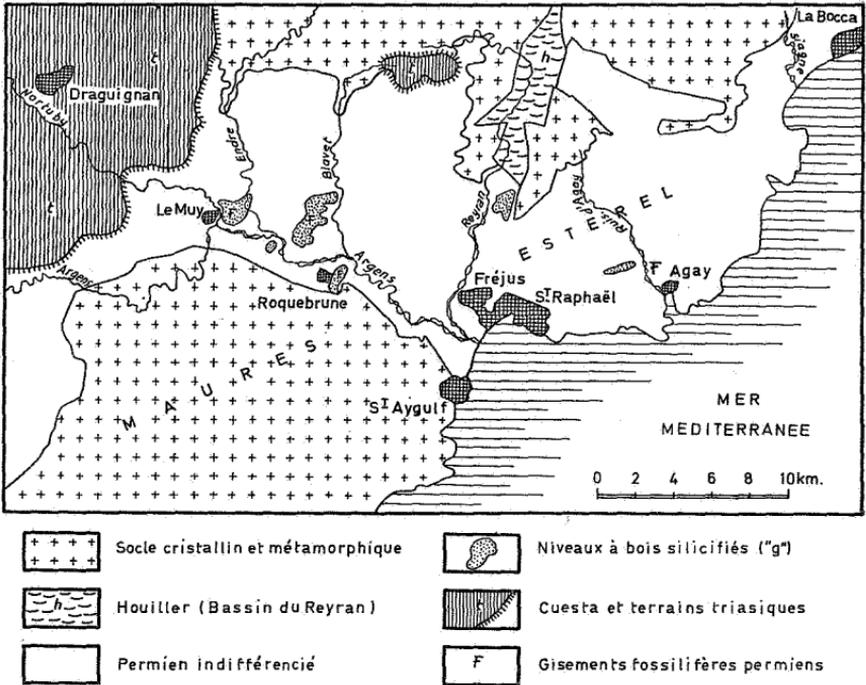


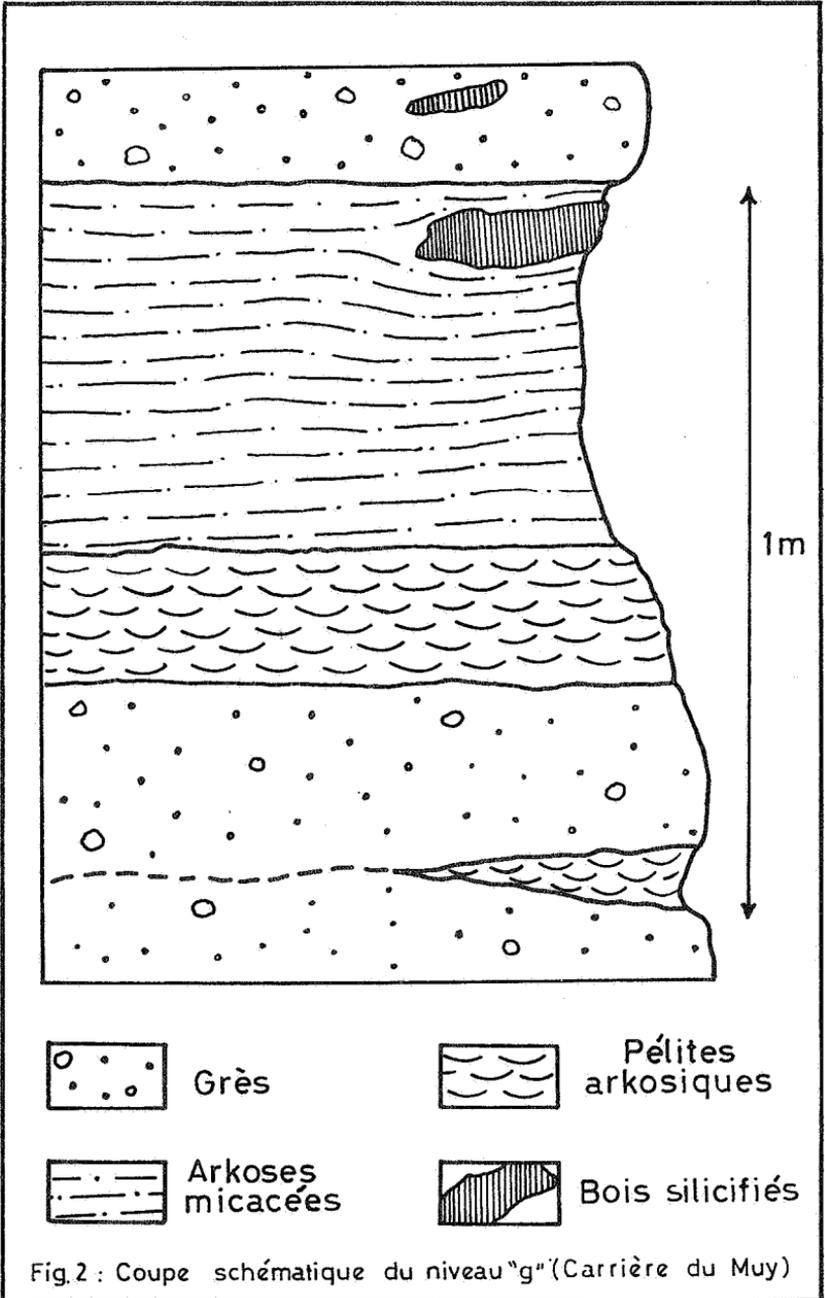
FIG. 1. — Localisation des bois silicifiés dans le massif.

bonneuses, ainsi qu'une microflore <sup>(2)</sup>. Ces pélites peuvent se trouver en galets ou inclusions lenticulaires au sein des grès encaissants, probablement par suite d'un phénomène de ravinement contemporain à la sédimentation.

L'épaisseur totale des bancs arkosiques ne dépasse guère 60 cm. La stratification est localement entrecroisée; le pendage général est dirigé vers le Nord.

C'est le plus souvent dans les grès, mais aussi au contact des grès et des arkoses jaunes, que se trouvent les bois silicifiés (pl. I, fig. 1).

<sup>(2)</sup> H. VISSCHER cite: *Nuskosporites dulhuntyi*, *Luekisporites virkkiae*, *Strotersporites richteri*, *Vittalina costabilis*, *Falcisporites zapfei*, etc. parmi la microflore ayant contribué au datage certain du niveau « g » au Thuringien [12, 1968].



Ceux-ci sont de tailles fort variables. Ils sont accompagnés de débris carbonisés de branches, et enrobés d'une fine matrice charbonneuse.

La teinte générale est noire, virant parfois au brun roussâtre. Les cavités et lacunes qui pouvaient s'y trouver à l'origine (fentes de rétraction, lacunes dues à la macération) ont été remplies de silice amorphe rouge ou blanche, parfois zonée et accompagnée de petits cristaux de pyrite.

D'autres échantillons, récoltés à proximité du village de Roquebrune, sont en cours d'étude et feront l'objet d'une prochaine communication.

## II. — ÉTUDE HISTOLOGIQUE.

Les fragments de quatre individus ont été étudiés par la méthode des lames minces. Bien que présentant tous des affinités avec *Dadoxylon implexum* ZIMMERMAN, des raisons d'ordre stratigraphique et anatomique nous ont poussé à créer une espèce.

Toutes les pièces présentent un centre mal conservé, de teinte plus claire, parfois lacunaire, tranchant avec le reste des structures, dont la conservation est bien meilleure (fig. 3).

Les échantillons mesuraient au départ 13×9 cm de plus grand diamètre transversal, et environ 5-6 cm de hauteur.

A. — *Sections transversales* : Nous sommes en présence d'un bois secondaire homoxylé. Les trachéides ont un contour extérieur hexagonal, leur lumen est ovale. Les zones de croissance sont bien marquées (pl. I, fig. 2-3) mais se succèdent très irrégulièrement. Ainsi, les parties centrales en sont totalement dépourvues. Ce n'est, en moyenne, qu'à une distance de 4 cm du centre qu'apparaît la première zone, suivie d'une seconde à une distance de 7-8 mm, suivie enfin d'une série plus régulière d'anneaux de croissance distants les uns des autres de 3-4 mm. De faux-cernes s'observent un peu partout, donnant à l'œil nu une forte zonation au bois. Cette zonation disparaît au microscope.

a) Dans le bois initial, le diamètre des trachéides est de :

18-23-29 microns dans le sens radial,

35 microns dans le sens tangentiel.

b) Dans le bois final (qui couvre 2-5-9 cellules) le diamètre des trachéides est de :

13-17-18 microns (sens radial),

26-28 microns (sens tangentiel),

ce qui nous donne un coefficient d'écrasement tangentiel  $e=0,6$  avec un maximum de 0,2 pour un échantillon (bois de compression ?).

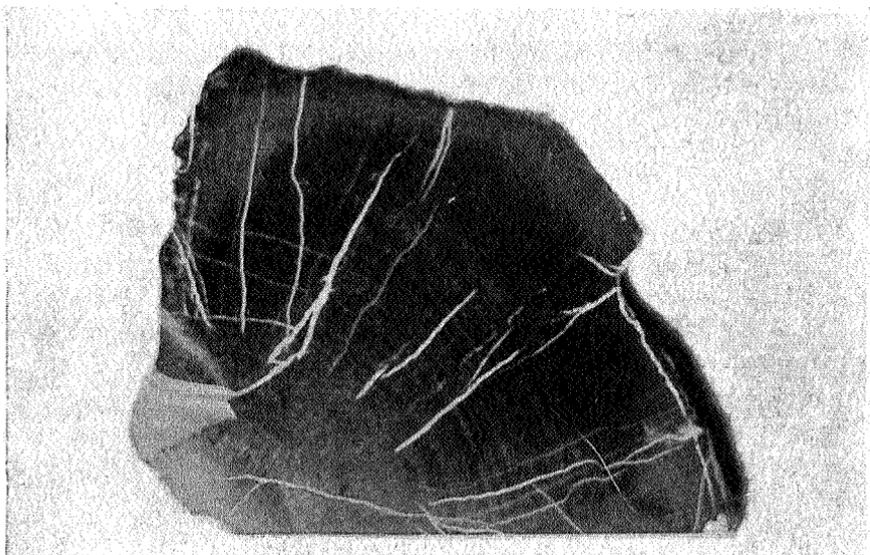


FIG. 3. — Section transversale polie montrant seulement des faux-cernes (grandeur naturelle).

c) L'épaisseur des parois des trachéides est de :

4-5,8-6 microns dans le bois initial,

3-3,9-5 microns dans le bois final.

Aucun canal résinifère n'a pu être observé.

**B. — Sections longitudinales-radiales :** Les trachéides sont plus ou moins fréquemment contournées (*Verstreuung*), se superposent, perdent leur parallélisme. Leurs extrémités se replient sur elles-mêmes au voisinage des rayons médullaires (pl. II, fig. 1-2).

Les aréoles sont unisériées pour 85 % des échantillons, avec cependant de rares portions de trachéides portant, sur une faible

longueur, des ponctuations aréolées bisériées-alternes, en particulier au voisinage des zones centrales. Le diamètre extérieur des aréoles est de 13-15 microns, le coefficient d'écrasement est très proche de 1 (sauf pour un échantillon, où il atteint un maximum de 0,8). Les lumens sont presque toujours ronds (quelquefois elliptiques et obliques, mais très rarement) et s'élargissent dans les zones mal conservées. Les aréoles, en position unisériée, n'occupent pas toute la largeur de la trachéide, et il n'y a pas de barres de Sanio (pl. III, fig. 1-2; pl. II, fig. 3).

Les rayons médullaires sont uni- ou bisériés, mais les extrémités de deux cellules ne sont jamais visibles. Leur hauteur est de :

1-6-8-20 cellules; la hauteur d'une cellule est de 28 microns.

Les champs de croisement portent 1-2 [4] ponctuations de champ araucarioïdes, c'est-à-dire rondes, à lumen elliptique et oblique (pl. III, fig 3 et 4).

Une striation spirale simple ou double (croisée) qui se substitue progressivement aux aréoles peut s'observer; elle n'est pas visible lorsque le bois est bien conservé (pl. II, fig. 4).

*Les caractères présentés par ces bois en sections radiales sont de nature à la fois araucarioïde et abiétoïde. En effet :*

Aréoles presque toujours unisériées, en files discontinues, ou isolées, sans écrasement, à lumen rond : caractère abiétoïde.

Bisériation alterne des aréoles en quelques points : caractère araucarioïde.

Ponctuations de champ à lumen elliptique-oblique : caractère araucarioïde (qui se retrouve chez la plupart des *Dadoxylon* paléozoïques et mésozoïques.)

### C. — Sections longitudinales-tangentielles :

Les rayons médullaires sont toujours unisériés, s'étagent sur :

1-6-10-20 cellules avec une hauteur moyenne de 18-20 microns par cellule.

Aucune ponctuation tangentielle n'est visible (pl. II, fig. 4 et 5).

Toutes les sections tangentiels montrent des canaux, pris transversalement. Ce sont peut-être des canaux excréteurs d'origine traumatique. En effet, une section radiale dans un de ceux-ci a montré un bois de cicatrisation mal conservé, à ponctuation aréolée uni- et bisériée, d'une taille très inférieure à celle des structures environnantes.

### III. — CRITÈRES DE DÉTERMINATION.

A. — *Détermination générique* : Nous sommes en présence d'un bois de gymnosperme, d'âge paléozoïque, mais présentant déjà des caractères propres aux bois du Secondaire :

Zones de croissance bien marquées (rares chez les espèces permienes d'Europe).

Ponctuation aréolée le plus souvent unisériée, rarement bisériée-alterne, peu ou pas écrasée (ceci se retrouve pratiquement chez tous les gymnospermes mésozoïques) alors que la plupart des espèces paléozoïques présentent des aréoles 2-, 3-, 4-, et même 5-sériées, souvent rendues hexagonales par la compression.

Cellules des rayons médullaires uni- ou bisériées sans extrémités visibles (elles le sont chez les spécimens permien).

Ponctuations de champ araucarioïdes : 1 à 4, contre 2 à 6 pour les gymnospermes primaires.

Malgré l'absence de parenchyme résineux, ces différents caractères nous amèneraient à distinguer les bois de l'Estérel du genre artificiel *Dadoxylon* ENDL. et à les ranger dans le genre *Araucarioxylon* KRAUS., avec lequel ils ont des similitudes plus poussées, celles-là mêmes énoncées précédemment (<sup>1</sup>)

B. — *Détermination spécifique* : Le contournement fréquent des trachéides constitue, évidemment, un trait morphologique important, pouvant même être considéré comme un critère de détermination spécifique. Ainsi, le rattachement à l'espèce *Dadoxylon implexum* ZIMMERMAN est fort tentant, car l'holotype présente des formes de contournement et de chevauchement des trachéides identiques à celles des bois étudiés ici. Il faut cependant émettre quelques réserves quant à certains détails anatomiques présentés par l'holotype de G. ZIMMERMAN, ainsi que sur la révision de l'espèce, faite par P. GREGUSS quant au genre.

(<sup>1</sup>) Selon E. BOUREAU [3, 1948], les gymnospermes mézoïques présentant les mêmes caractères que nos échantillons peuvent être dénommés *Araucarioxylon*, par opposition aux formes plus primitives (*Dadoxylon*, dont certaines sont des bois de Cordaitales) d'une part, et aux formes plus évoluées (*Paraxylon*, et *Metacedroxylon*, *Paracupressinoxylon*, etc.) d'autre part. Toutefois, la plupart des auteurs préfèrent garder le nom, plus général, de *Dadoxylon*.

L'holotype décrit par ZIMMERMAN [13, 1953] ne présente, en effet, que des similitudes plus lointaines avec le genre *Araucarioxylon* (aréoles 3-sériées, parfois hexagonales, manque d'indications sur la fréquence des zones de croissance, notamment). D'autre part, l'espèce décrite provient du Keuper (Stubensandstein-Trias supérieur) et, enfin, possède un parenchyme vertical (parenchyme résinifère) très bien développé (?).

La révision effectuée par P. GREGUSS [7, 1963] est l'attribution de l'espèce *Dadoxylon implexum* au genre *Baieroxylon* nov. gen., d'après un spécimen hongrois qui, lui, date du Permien. Selon P. GREGUSS, les structures seraient très proches de celles des Gingko actuels. De plus, des spécimens de feuilles de Gingkoales (*Baiera digitata*) ont été trouvés dans les mêmes horizons que le bois qu'il a étudié. Malheureusement, le mauvais état de préservation de son échantillon ne nous permet pas d'apprécier les similitudes qu'il énonce à leur juste valeur, et aucun reste de Gingkoale (feuilles ou fructifications) n'a été découvert jusqu'à présent dans les séries permienes de Provence, hormis un exemplaire douteux déterminé par H. VISSCHER comme *Sphenobaiera* sp., provenant, au surplus, d'un niveau fossilifère qui n'est pas le niveau « g » (niveau « i4 »).

G. ZIMMERMAN fait très justement remarquer, à la fin de son travail, que les contournements des trachéïdes pourraient fort bien être dus à des phénomènes extérieurs influençant le développement de la plantule et la croissance de l'arbre (changement d'inclinaison résultant de la pression exercée par d'autres arbres, par exemple) et mentionne un cas de contournement obtenu artificiellement en imposant à un jeune conifère des directions qui n'étaient pas la verticale. ZIMMERMAN signale enfin le même caractère chez deux espèces provenant du même niveau, et qu'elle a décrites (*Dadoxylon gaildorffianum* ZIMMERMAN et *D. keuperianum* ENDL.).

Ce phénomène nous semble donc dépendre surtout des conditions écologiques qui régnaient alors, et, de ce fait, ne nous semblent pas constituer, comme le prétend P. GREGUSS, un critère absolu de détermination.

Enfin, les bois de l'Estérel possèdent de grandes analogies avec les bois identifiés de *Walchia* ou d'*Ullmannia* (généralement identifiés par la connexion du feuillage avec les axes). Des empreintes d'*Ull-*

(?) Notons que G. ZIMMERMAN [13, 1953] décrit un holotype et un paratype pour l'espèce *D. implexum*, et que ces deux échantillons présentent de notables divergences exposées dans le tableau général qui suit.

	<i>Walchiopremnon valdajolensis</i>	<i>Walchia piniformis</i>	<i>Ullmannia bronni</i>	<i>Ullmannia bronni</i>
Description	MOUGEOT (1854) R. FLORIN (1940)	Y. LEMOIGNE H. TYROFF (1967)	Y. LEMOIGNE et F. SCHAASCHMIDT (1968)	F. SCHWEITZER (1960)
Provenance	Val d'Ajol (Vosges)	Fischbachtal (Nahe)	Frankenberg	Sondages : Rossenray et Hoerstgen
Niveau stratigraphique	Autunien (Rothliegend)	Autunien (Rothliegend)	Thuringien (Zechstein)	Thuringien (Zechstein)
Zones de croissance	Présentes, peu marquées	Présentes, peu marquées	Présentes, peu marquées	Absentes (petit axe), mais sans doute présentes
Contour extérieur des trachéides	?	Quadrangulaire ou hexagonal	Quadrangulaire ou hexagonal	?
<i>Plan tangentiel</i> : Rayons médullaires	1-Sériés	1-Sériés	1-Sériés	?
Hauteur absolue	1-68 cellules	1-30 cellules	2-10 cellules	?
<i>Plan radial</i> : Sériation des aréoles-lumen	1-2-Sériées 2-Sériées rares Lumen rond	1-2-Sériées 2-Sériées rares Lumen rond	1-2-Sériées 2-Sériées rares Lumen rond	1-Sériées Lumen rond à oblique
Recouvrement de la trachéide par les aréoles 1-Sériées	Incomplet	Complet	Complet	?
Écrasement	? Nul	Aplatissement léger	Aplatissement léger	Aplatissement léger
Contournements	? Absents	? Absents	? Absents	? Absents
Hauteur absolue des rayons médullaires	1-2-Sériés 1-68 cellules	? ?	? 1-2-Sériés ?	? ?
Pontuations de champ	Araucarioïdes 1-3	?	Araucarioïdes 2-6	?
Parenchyme vertical	Absent	Absent	Absent	? Absent
Ponctuations tangentielles	Absentes ou très rares	? Absentes	? Absentes	? Absentes

<i>Ullmannia frumentaria</i>	<i>Pseudovoltzia libeana</i>	<i>Dadoxylon implexum</i>	<i>Dadoxylon implexum</i>	<i>Araucarioxylon argense</i>
J. SCHWEITZER (1960)	J. SCHWEITZER (1960)	G. ZIMMERMAN (1953)	G. ZIMMERMAN (1953)	D. GERMAIN (1968)
? Sondage	Sondage (Hoerstgen)	Grab (Württemberg)	Marbächle (Württemberg)	Le Muy (Var)
Thuringien (Zechstein)	Thuringien (Zechstein)	Stubensandstein (Keuper)	Stubensandstein (Keuper)	Thuringien
Présentes, bien marquées et régulières	Absentes (petit axe), sans doute présentes ailleurs	Présentes, rares	Présentes, rares	Présentes, bien marquées et irrégulières
Hexagonal	?	Hexagonal	Hexagonal	Hexagonal
?	?	1-Sériés	1-Sériés 2-Sériés très rares	1-Sériés
?	? 2-6 cellules	1-9 cellules	1-27 cellules	1-20 cellules
? 1-Sériées Lumen rond	1-Sériées Lumen rond à oblique	1-2-3 Sériées Lumen rond	1-2-Sériées Lumen rond	1-2-Sériées (2-Sériées rares) Lumen rond à oblique
?	?	? Complet	? Complet	Incomplet
? Aplatissement léger	? Aplatissement léger	Aplatissement + compression hexagonale	Aplatissement léger	Nul ou très rare aplatissement
? Nul	? Nul	Présent	Présent	Présent
? ?	? ? 2-6 cellules	? 1-Sériés 1-9 cellules	? 1-Sériés 1-27 cellules	1-2-Sériés 1-20 cellules
?	?	Araucariennes 1-4	Araucariennes 1-2	Araucarioïdes 1-4
? Absent	? Absent	Présent	Présent	Absent
? Absentes	? Absentes	Absentes	Absentes	Absentes

*mannia* (*U. bronni*, *U. frumentaria*), associées à des empreintes de *Pseudovoltzia* (? *P. libeana*) ont, par contre, été trouvées en abondance dans les gisements d'Agay et du Muy, et ont contribué au datage précis effectué par VISSCHER [12, 1968].

Une comparaison utile se limite au tableau ci-avant, où sont d'ailleurs reprises les descriptions de G. ZIMMERMAN (cf. pp. 212-213).

Malheureusement, comme on peut s'en rendre compte, certaines descriptions sont très incomplètes et ne nous permettent pas un rattachement avec certitude à l'une ou l'autre des espèces mentionnées. Les bois décrits par Y. LEMOIGNE [8, 1967, 9, 1968] et J. SCHWEITZER [11, 1960] conviendraient à la rigueur, en particulier ceux de LEMOIGNE. Quant aux bois de *Pseudovoltzia*, ils sont mal connus, et aucun argument ne nous permet d'identifier comme tels nos échantillons.

Enfin, aucun auteur (hormis ZIMMERMAN) n'a signalé de contournements dans les échantillons décrits.

Le manque d'informations concernant les structures ligneuses des bois permien à zones de croissance, ainsi que l'absence de preuves décisives quant aux contournements des trachéides et à leur utilisation en tant que facteurs dichotomiques nous ont conduit à créer une espèce nouvelle : *Araucarioxylon argense* nov. sp.

C. — *Diagnostic* : Bois secondaire homoxylé, à zones de croissance présentes, mais irrégulières; trachéides à contour extérieur hexagonal, à lumen ovale. Coefficient d'écrasement tangentiel non négligeable ( $e=0,8$ ). Ponctuations aréolées unisériées, rarement bisériées-alternes, sans aplatissement des aréoles. Trachéides présentant des contournements, superpositions et replis sur elles-mêmes avec des fréquences plus ou moins grandes. Rayons médullaires uni- ou bisériés selon le mode araucarien (sans extrémités visibles); champ de croisement porteurs de 1 à 4 ponctuations de champ araucarioïdes. Rayons médullaires toujours unisériés en sections tangentielles. Parenchyme vertical résinifère absent.

Provenance : Carrières de la scierie-Le Muy (Var).

Etage : Thuringien-Niveau fluviatile « g ».

Références des déterminations : Pièces G 1 à G 4. Lames B 8 à B 35. Collection D. GERMAIN.

## BIBLIOGRAPHIE.

1. BORDET, P., Etude géologique et pétrographique de l'Estérel. (*Mém. Serv. Carte géologique de la France*, 1951, 216 p.)
2. — L'Estérel et le massif de Tanneron. (*Guide géologique*, Hermann, Paris, 1966.)
3. BOUREAU, E., Sur l'évolution de la ponctuation araucarienne dans les bois vivants et fossiles. (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 96, pp. 94-96, 1949.)
4. — Anatomie végétale. Presses Universitaires de France, Paris, 1956.
5. FLORIN, R., Die Koniferen des Oberkarbons und des unteren Perms. (*Palaeontographica*, Bd. 85, Abt. B, Lief. 5-6, 1940.)
6. GRAND'EURY, Sur les empreintes végétales trouvées dans l'Estérel (lettre à M. POTTIER). (*Bull. Soc. géol. de France*, t. 5, p. 24, 1877.)
7. GREGUSS, P., Permische fossile Hölzer aus Ungarn. (*Palaeontographica*, Bd. 109, Abt. B, Lief. 5-6, 1963.)
8. LEMOINE, Y. et TYROFF, H., Caractères anatomiques d'un fragment de bois appartenant à l'espèce *Walchia piniformis*. (*C. R. As. Sc.*, t. 265, série D, p. 595, 1967.)
9. LEMOINE, Y. et SCHAARSCHMIDT, F., Caractères anatomiques d'un bois d'*Ullmannia bronni*. (*Ibid.*, t. 266, série D, p. 875, 1968.)
10. MOUGEOT, Essai de reconstitution de la forêt des nouveaux grès rouges des Vosges (*Soc. d'émulation des Vosges*, Epinal, 1854.)
11. SCHWEITZER J., Die Makroflora des niederrheinischen Zechsteins. (*Fortschritte Geol. Rheinland und Westphalen*, Bd. 6, 1960.)
12. VISSCHER, H., On the thuringian age of the upper palaeozoic sedimentary and volcanic deposits of the Esterel (*Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 6, 1968.)
13. ZIMMERMAN, G., Anatomische Untersuchungen an Kieselhölzern aus dem Stubensandstein Württembergs. (*Palaeontographica*, Bd. 93, Abt. B, Heft 4-6, 1953.)

